

Simulation numérique directe du contact pneumatique/chaussée

Z. BAZARI^{a,b,c}, P. KLEIN^{b,c}, J. LELONG^{b,c}, A. LE BOT^{a,c}

a. LTDS - ECL- 36 Avenue Guy de Collongue – Ecully – France.

b. IFSTTAR – LAE - Cité des Mobilités, 25 Avenue François Mitterrand – Bron – France.

c. CeLyA - Centre Lyonnais d'Acoustique – France.

Email : zakia.bazari@ifsttar.fr

**Mots clefs : Modélisation, Mécanique de contact, Bruit de roulement,
Pneumatique/chaussée.**

Résumé :

Le bruit de roulement d'un pneumatique sur chaussée rugueuse naît de l'interaction mécanique dans la zone de contact. Les impacts générés par le contact entre le pneumatique (déterministe) et le revêtement (aléatoire) provoquent une vibration suivie du rayonnement acoustique de la carcasse du pneumatique. Dans cette étude, on aborde la question de la simulation numérique directe du contact entre une roue et une surface rugueuse (figure 1). L'objectif de ce travail est de prédire les forces de contact et les vitesses vibratoires induites.

Les codes Ra3D [1] et DySiRoN [2] sont utilisés pour modéliser le contact pneumatique/chaussée. Le pneu est approché par une plaque orthotrope sous tension sur fondation élastique. Le comportement dynamique de la plaque est régi par les paramètres physiques [3] suivants : tension de précontrainte produite par la pression de l'air interne, raideurs en flexion dans les directions radiale et latérale, raideur due à la pression de gonflage et facteurs de pertes associés à ces quantités.

Pour traiter le problème de contact, la méthode des fonctions de Green est appliquée dans DySiRoN. Dans cette approche, la réponse est calculée par un produit de convolution entre la fonction de Green et les forces de contact. Le roulage se fait à hauteur de moyeu fixe. Des ressorts découplés à raideur constante sont utilisés pour modéliser l'élasticité de la gomme. Une force de contact apparaît lorsqu'un ressort est comprimé par le contact avec la surface de la route.

Le code Ra3D repose sur une décomposition modale de la réponse dynamique du pneu en contact avec la chaussée. L'équation aux dérivées partielles régissant le mouvement de la plaque orthotrope est réduite à un système d'équations différentielles ordinaires dans la base modale. Le contact est maintenu par la force de gravité ainsi qu'une charge totale de 250 kg. Le problème de contact est résolu par la méthode de pénalité [4]. Cette méthode consiste à autoriser une pénétration entre les deux surfaces en contact. Les forces de contact sont alors obtenues par le produit de la pénétration et du coefficient de pénalité. La valeur de ce dernier est fixée par l'élasticité de la gomme (rapport du module d'Young sur l'épaisseur).

Dans les simulations numériques, on utilise des données de textures mesurées sur une longueur approximative de 6 m en neuf planches d'essai.

Les résultats des simulations de contact sont l'évolution des forces de contact exercées sur le pneumatique (figure 2) et l'évolution temporelle de la vitesse vibratoire. Après avoir calculé les vitesses et forces de contact, on peut déduire l'énergie transférée par choc. Elle est égale à l'intégrale du produit de la force de contact avec la vitesse vibratoire sur la durée de choc au point de contact.

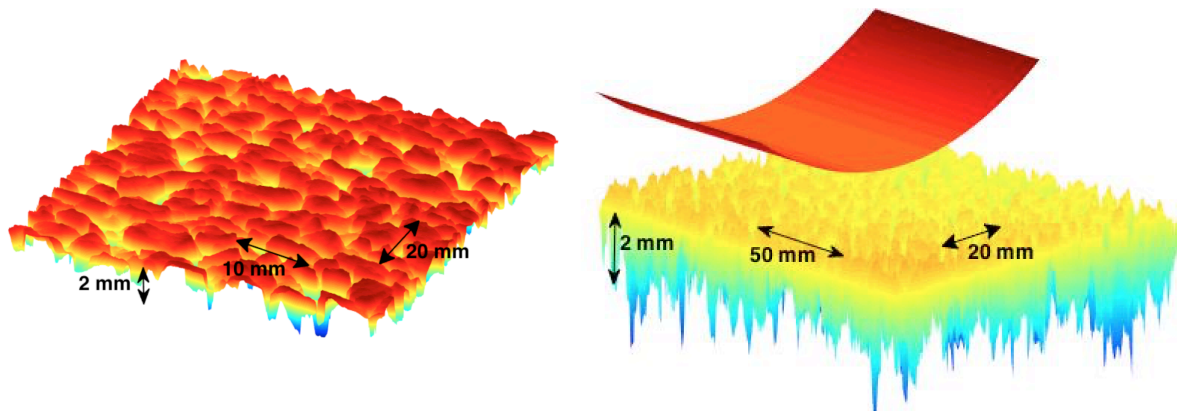


Figure 1: Modèle de contact entre une roue lisse et une surface rugueuse. A gauche, vue anamorphosée de la texture A. A droite, vue du pneu en contact avec la chaussée.

A titre d'exemple, la figure 2 montre l'évolution du niveau en tiers d'octave de la force résultante en fonction de la fréquence. D'une part, nous constatons une augmentation du niveau de la force de contact avec la fréquence jusqu'à 800 Hz suivie d'une diminution du niveau dans la bande de fréquences 800 - 2000 Hz. D'autre part, le niveau de la force croît avec la vitesse de roulement. Cette augmentation est naturellement conforme avec l'observation expérimentale que le bruit de roulement augmente avec la vitesse du véhicule. On peut par ailleurs observer que le contenu spectral dépend peu de la vitesse de roulement.

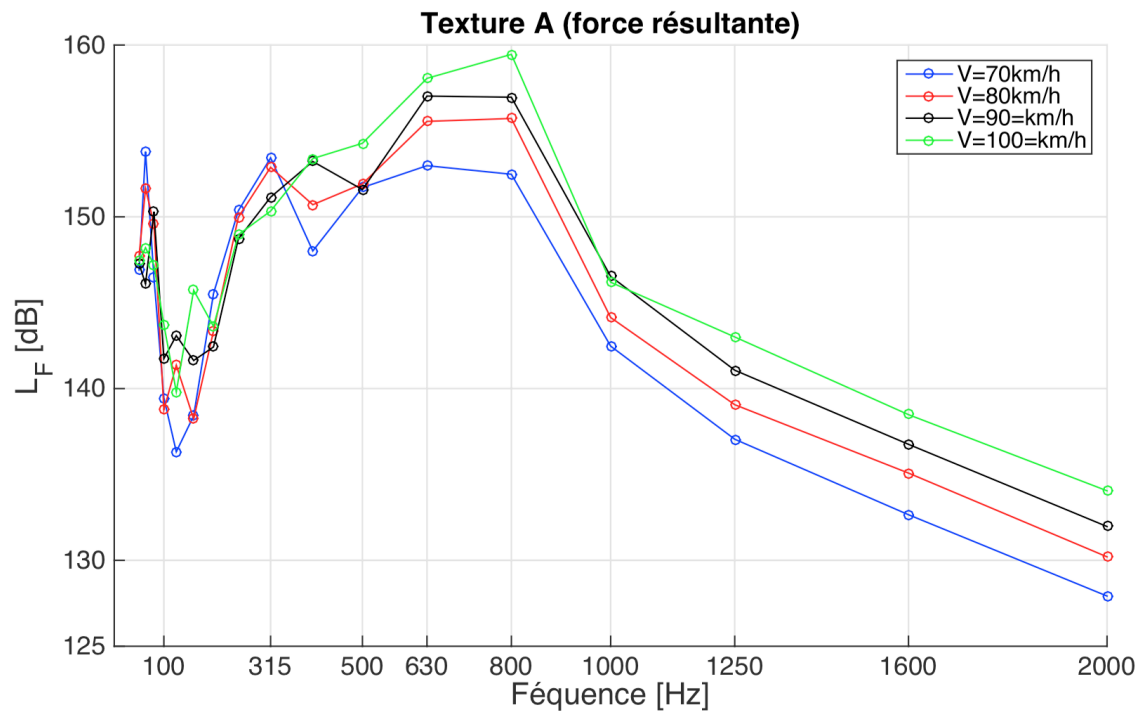


Figure 2: Niveau en tiers d'octave de la force résultante en fonction de la fréquence- simulation DySiRoN

Références

- [1] Dang H, Le Bot A, Perret-Liaudet & Scheibert J: Direct numerical simulation of dynamics of sliding rough surfaces. *Computational Mechanics*. Volume 52, Issue 5, pp 1169-1183, 2013.
- [2] Klein P: Influence of the road texture anisotropy on the noise radiated by a slick tyre. *Acoustics* 2012.
- [3] Hamet J.F: Tire/road noise: time domain green's function for the orthotropic plate model, *Acta Acustica united with Acustica* 87, 470-474, 2001.
- [4] Dang H: Dynamique des interfaces multicontact, thèse de doctorat, 2013.